

第 21 次南極地域観測隊気水圏部門観測概報 1980

小林俊一*・石川信敬*・大畑哲夫**・川口貞男***

Progress Report of POLEX-South Programme in 1980 by the 21st Japanese Antarctic Research Expedition

Shun'ichi KOBAYASHI*, Nobuyoshi ISHIKAWA*, Tetsuo OHATA**
and Sadao KAWAGUCHI***

Abstract: In 1980, the present authors in the 21st Japanese Antarctic Research Expedition carried out glacial-meteorological observations at Mizuho Station and Syowa Station as the second year programme of the Japanese POLEX-South. Items of observation at Mizuho Station (70°42'S, 44°20'E, 2230 m above sea level) were: 1) observations of surface boundary layer by a 30 m high observation tower, 2) radiation budget, 3) low level radio-sondes, 4) sonic-wave sounder, 5) measurements of sensible heat flux by sonic-anemometer, 6) blowing snow, 7) snow accumulation by sonic-wave snow depth meter and 8) surface synoptic weather. In the vicinity of Syowa Station (69°00'S, 39°35'E, on East Ongul Island), the following studies were carried out: 1) heat budget of sea ice, 2) observation of surface inversion layer by sonic-wave sounder, 3) meteorological observations by an unmanned weather station, 4) airborne survey of radiation budget, surface radiation temperature and surface morphology, and 5) observations of frazil ice. This paper mainly describes the installation and performance of the measurement system and preliminary results.

要旨: 1979 年 (第 20 次隊) から 3 年計画の南極の極域気水圏観測計画 (POLEX-South) が開始され、みずほ基地で放射および接地気層の精密観測が行われた。1980 年度 (第 21 次隊) は、みずほ基地で接地逆転層や斜面滑降風の構造の研究のために (1) 30 m 観測塔による大気境界層観測 (2) 放射収支観測 (3) 低層ゾンデ観測 (4) 音波レーダ観測 (5) 超音波風速温度計による顕熱輸送量測定 (6) 飛雪の観測 (7) 超音波式積雪深計による雪の堆積量変化の測定 (8) 定常気象観測を行った。他方昭和基地周辺では (1) 海氷上の熱収支とパドルの形成機構の研究 (2) 音波レーダ

* 北海道大学低温科学研究所。The Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Nishi 8, Kita 19, Kita-ku, Sapporo 060.

** 名古屋大学水圏科学研究所。Water Research Institute, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464.

*** 国立極地研究所。National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

観測 (3) 無人気象観測 (4) 航空機による日射・表面温度・雪面形態・マルチバンドカメラ観測 (5) 水中氷の観察を行った。以上の観測の測器, 測定法, 観測経過, 得られた主な成果, 今後の問題点について述べた。

1. は じ め に

南極地域観測隊による南極の極域気水圏観測計画 (POLEX-South: Polar Experiment-South) は, 第 20 次隊 (1979) から第 22 次隊 (1981) までの 3 年間にわたって気水圏部門によって行われる観測である。すでにこの計画の目的と概要に関しては, 川口 (1978), KUSUNOKI (1981a) によって, 観測の現状に関しては, 前 (1981), KUSUNOKI (1981b) によって報告された。本報告では, 第 21 次隊 (1980) 気水圏部門によって行われた観測成果の概要のみを述べる。観測は主にみずほ基地と昭和基地で行われた。みずほ基地では, 第 20 次隊が設置した高さ 30 m の観測塔 (タワー) による大気境界層観測ならびに放射観測 (MAE *et al.*, 1981) を引き続き行った他, あらたに低層ゾンデ観測, 音波レーダ観測, 超音波風速温度計による顕熱輸送量の測定, 飛雪の観測, 超音波積雪深計による積雪深変化の測定, 雲の観察を実施した。また第 11 次隊 (1969) で設置した定常気象観測装置 (大野他, 1971) が 10 年を経過したので, 新しい装置に更新した。他方昭和基地では, 海氷上の熱収支観測, 飛行機による雪面形態や日射観測, 音波レーダ観測, 水中氷や海氷の成長-融解の観察を行った。さらに無人気象観測装置の氷床上への設置や昭和基地および船上における日射観測, 人工衛星による海氷域の変動および気温の垂直分布や低気圧の南極氷床への影響等の広域観測も行われたが, これらについては本報告からは省略した。著者等のうちみずほ基地には前半の冬明けまでは石川 (1980 年 1 月 9 日~8 月 16 日), 大畑 (1980 年 1 月 9 日~10 月 2 日) が滞在し各項目を協同で観測し, 後半の第 22 次隊の交替時までは小林 (1980 年 8 月 17 日~1981 年 1 月 21 日) が滞在して観測にあたった。したがって昭和基地では川口 (通年) が日射観測を主に, 小林 (1980 年 2 月 13 日~8 月 10 日) が音波レーダ, 水中氷の観測を, 石川 (1980 年 9 月 8 日~1981 年 1 月 31 日) が海氷上熱収支観測を, 大畑 (1980 年 10 月 3 日~1981 年 1 月 31 日) が航空機による観測を主として行った。

2. みずほ基地における観測

2.1. 大気境界層観測

第 20 次隊で設置した 30 m タワーを使つての大気境界層観測を継続した。この観測の目的は, おもに氷床表面での強安定条件下の接地気層の構造, 熱収支項の顕熱輸送の見積も

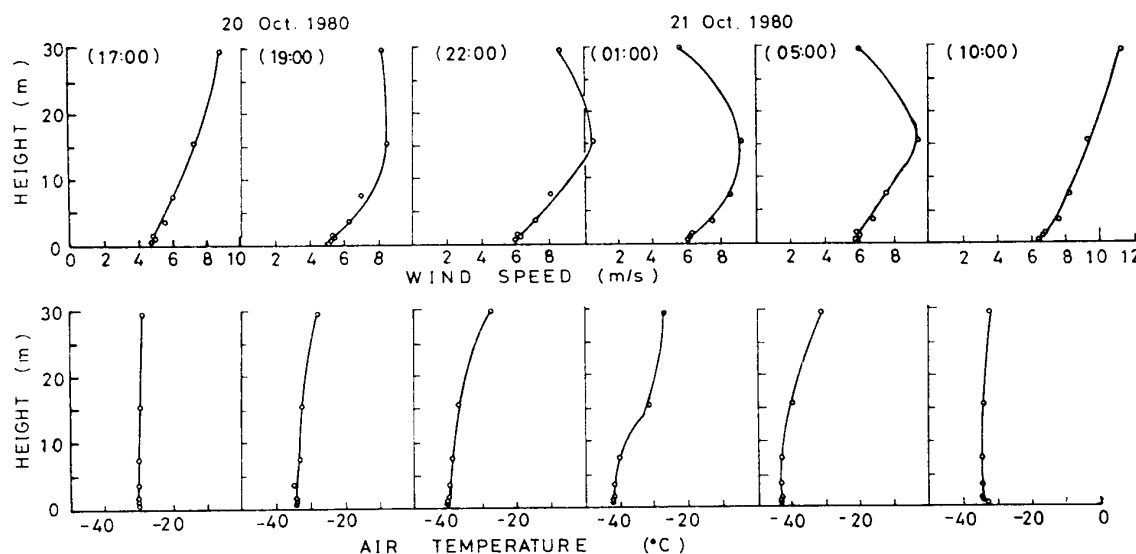


図 1 30 m タワーで測った風速と気温分布の例

Fig. 1. Examples of wind- and temperature-profile observed by 30 m micrometeorological tower at Mizuho Station.

り、低高度での斜面滑降風の発達・消滅過程などを調べることである。詳しい観測システムは MAE *et al.* (1981) が報告したので本報告では省略する。この観測システムで第 21 次隊で問題になった点は、冬季の着霜と風速計および風向計の回転軸部分への飛雪粒子の侵入による測器の動作停止であった。対策としては、それらが発生した際に随時雪や霜を取り除いて復旧させた。斜面滑降風の一般的な形は、風速の最大値が地表面近くに見られる (KOBAYASHI and YOKOYAMA, 1976)。斜面滑降風の発生初期の風速分布と気温分布の 1 例を図 1 に示す。

図から風速の最大値が地表面近くに発生し、斜面滑降風の風速の最大値が上方に移動していく。このような低高度の斜面滑降風の発生する時には、地上 16 m から 30 m 間に顕著な温度変動を伴うことが WADA *et al.* (1981) によって報告された。熱の垂直混合機構は何かという問題が提起された。

2.2. 放射観測

第 20 次隊で設置した放射観測システム (MAE *et al.*, 1981) のうち、放射収支の観測に必要な表 1 に示した測器による観測を引き継いだ。この放射観測は、氷床表面における熱収支、地吹雪層内の放射特性および光学特性、放射量（短波長、長波長）の時間変化の把握、氷床における放射冷却機構の解明等を目的としている。放射観測は、1980 年 5 月下旬より基板の故障による MT コントローラーがしばしば不調となり 11 月よりまったく集録不可能となった。プリンターの打ち出しは、時々止まったが手動でただちに復帰させた。アナログの打点

表 1 みずほ基地での放射観測項目と観測測器

Table 1. Elements and instruments of radiation measurements at Mizuho Station.

	観 測 項 目	使 用 測 器
地 上	水平面日射量	日射計 (MS 800)
	水平面反射量	反射計 (MS 800)
	波長別直達日射量	直達日射計 (4 波長 0.305, 0.530, 0.630, 0.695 μ フィルター使用)
	大気および地球放射量 正味放射量	赤外放射計 (PIR) 示差放射計 (CN-11)
30 m タワー上	水平面日射量	日射計 (MS 800)
	水平面反射量	反射計 (MS 800)
	大気および地球放射量	赤外放射計 (PIR)

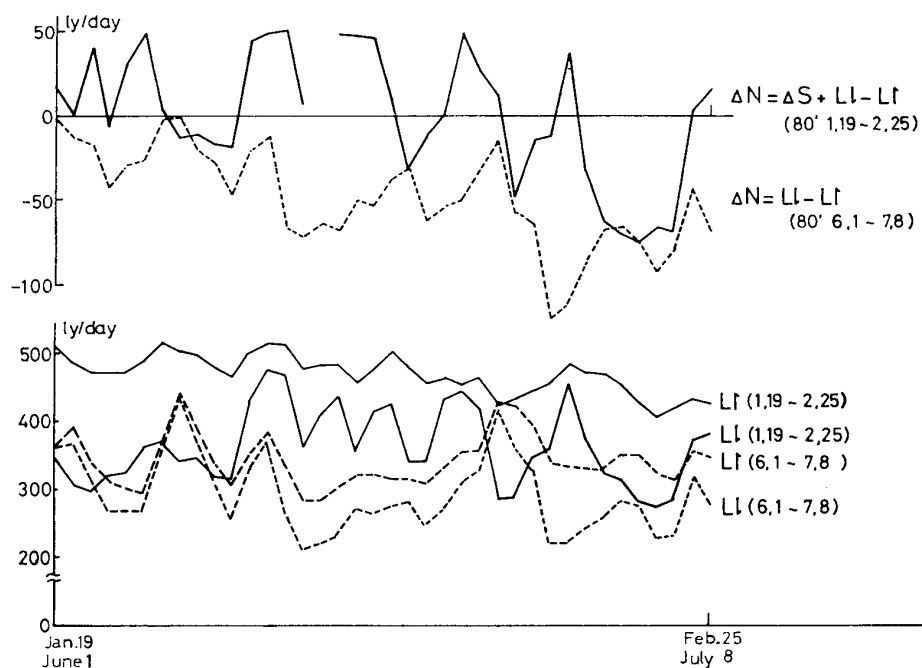


図 2 みずほ基地における長波と純放射量の日変化

Fig. 2. Daily variations of long-wave and net radiation at Mizuho Station.

記録は全期間順調であったので、放射収支の解析についてはまったく問題はない。センサー関係については、時々、日射計、放射計のドームに霜や雪が着いたが、その都度除去して観測には支障がなかった。直達日射計の赤道儀は 5 月中旬より低温のため駆動が鈍くなり、自動追尾ができなくなったが、10 月に赤道儀を交換し、気温も上昇して順調に稼動した。

みずほ基地における放射量の変化は、全天日射量は 800 から 0 $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{day}$ (33.5 から 0 MJ/m^2) であり、大気放射は 500 から 200 $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{day}$ (21.0 から 8.4 MJ/m^2)、雪面放射量は 550 から 260 $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{day}$ (23.1 から 10.9 MJ/m^2)、アルベードは 0.65 から 0.90 であった。また日射計による極夜の期間は、5 月 18 日から 7 月 21 日であった。図 2 に、夏期と冬期の大気放射量と雪面放射量および純放射量の日々の変化の例を示した。純放射は真夏のある時期以外は恒常的に負の値を示した。大気放射と雪面放射は夏に比べて冬期に少なくなっているが、その収支（夏には短波長収支も考える）を比較すると、冬期の方が放射によるエネルギー損失が大であった。地上と 30 m タワーの上の赤外放射は地吹雪時と強い接地逆転時とで異なり、30 m 層内での発散・収束が考えられる。図 1 で示した斜面滑降風が発生、発達する過程に対応する期間の、30 m と 1 m の気温、地上の純放射量、30 m と 3 m の顕熱輸送量（後述する超音波風速温度計による測定）の時間変化を図 3 に示した。顕熱輸

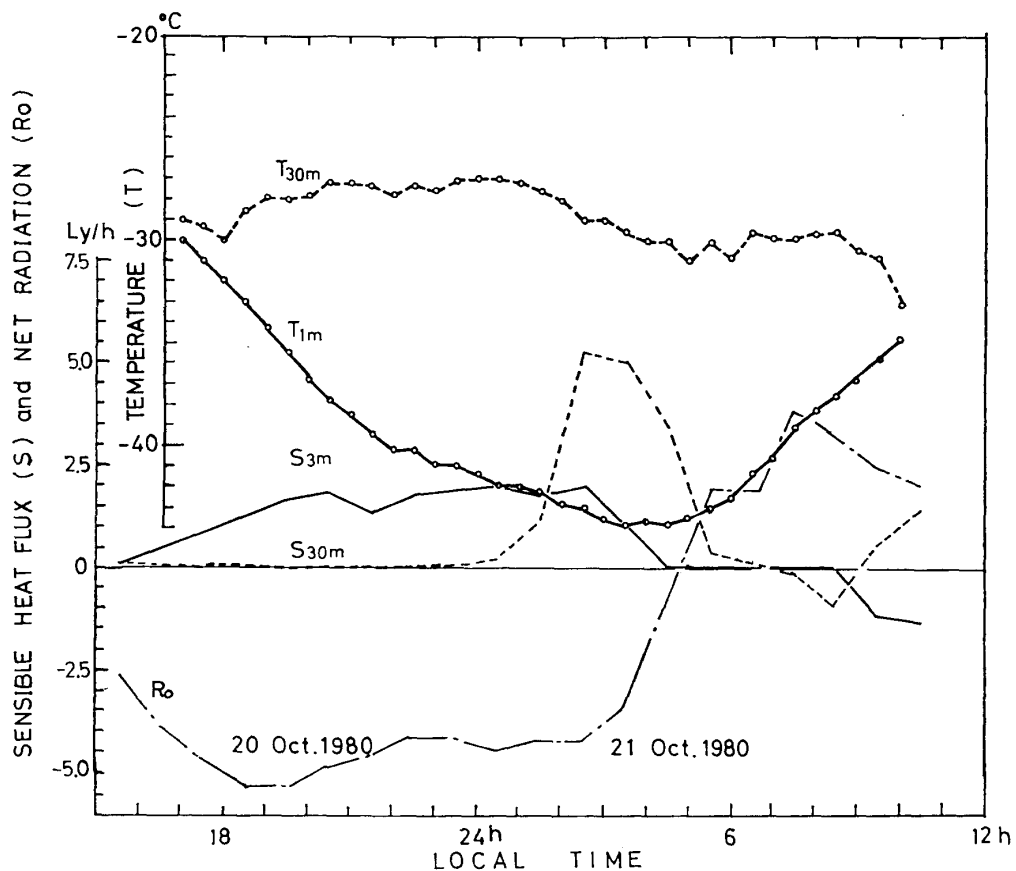


図 3 斜面滑降風の発達時の気温 (T_{1m} , T_{30m}), 純放射量 (R_0), 顕熱流束 (S_{3m} , S_{30m}) の変化
 Fig. 3. Variation of temperature (T_{1m} , T_{30m}), net radiation (R_0) and sensible heat flux (S_{3m} , S_{30m}) during the development of katabatic wind.

送量は雪面へ向かう下向きの値を正にとっている。特に顕熱輸送量に発散・収束が現れ、斜面滑降風の発生発達過程に深く関与していることが示唆された。また第 20 次隊 (1979) によるみずほ基地での放射収支の通年観測の結果 (YAMANOUCHI *et al.*, 1981) と比較検討する予定である。

2.3. 低層ゾンデ観測

みずほ高原に卓越する地表風は斜面滑降風であり、その厚さは 1000 m 以下である。第 14 次隊 (1973) でみずほ基地で始めてラジオゾンデ観測が行われたが (KOBAYASHI and YOKOYAMA, 1976)、回数も少なく、セオドライドによる追跡方法のため観測が快晴時に限られた。あらゆる天候状態における斜面滑降風の垂直構造を研究するために、自動追跡による低層ゾンデの観測を年間 79 回行った。地上から約 2000 m までの大気の温度、風速・風向の垂直分布を得た。低層ゾンデは JWA-75 TWS 型 (明星電気製) 60 個、JNL-78-TP 型 (日商岩井製) 19 個を持参した。これらのゾンデは、可聴周波変化方式で、300 g のゴム気球を使い、ヘリウムガスを充填し約 300 m/min の上昇速度で放球した。最初は基地より 400 m 風下の放球塔より放球したが、冬期に入り地吹雪と低温により、観測準備時間を最小にする意図で、基地より約 100 m 風下の KD 60 型雪上車の後から放球し、時間の節約および観測精度の向上を計った。ゾンデの電気回路はすべてトランジスター化されており、電源には注水電池を使用し、約 15~20 分間記録が得られた。搬送周波数は 1680 MHz、変調周波数は 0°C から -60°C の測定温度の変化に応じて 10 から 200 Hz の範囲で変化する。温度計にはタングステン線を用い、高度計にはスミスパンの 2 連空ごうを用いた気圧計 (JWA-75 TWS 型ゾンデ)、または拡散型半導体気圧変換素子を用いた気圧計 (JNL-78-TP 型ゾンデ) を使った。RD-65 型の自動追跡型測風方向探知機 (明星電気製) にドームをかぶせ、保温しゾンデの追跡を行った。

観測結果の概要を表 2 に示した。夏期間 (12 月~2 月) には、日中に接地逆転層が消滅し、夜間に生成する例が多く観測された。また中間逆転層の存在も夏期間に多く観測され、これは第 14 次隊の観測 (KOBAYASHI and YOKOYAMA, 1976) には得られなかった結果であった。この中間逆転の現れた日の低層ゾンデ観測の代表的な例を図 4 に掲げた。

表 2 低層ゾンデの結果 (みずほ基地)

Table 2. Sounding data at Mizuho Station.

Run	Date	Local time	V_s (m/s)	T_s (°C)	T_h (°C)	ΔT (°C)	H (m)	T_s' (°C)	T_h' (°C)	$\Delta T'$ (°C)	H' (m)
1	1980 Feb.	2 1249	3.1	-20.5	—	—	—	-21.4	-20.6	0.8	35 ~ 150
2		4 1123	2.9	-22.7	-22.6	0.1	30	-25.0	-23.8	1.2	355 ~ 440
3		13 1136	13.1	-27.0	—	—	—	-27.1	-24.9	2.2	109 ~ 477
4		16 1121	4.5	-20.0	-17.2	2.8	245	—	—	—	—
5		18 1323	10.5	-17.6	—	—	—	-19.8	-18.8	1.0	145 ~ 255
6		21 1337	9.5	-22.7	-19.8	2.9	140	—	—	—	—
7		25 1324	2.0	-23.3	—	—	—	-26.3	-25.9	0.4	190 ~ 335
8	Mar.	3 1644	9.4	-27.8	-22.1	5.7	150	-23.6	-23.5	0.1	500 ~ 536
10		10 1331	8.8	-26.8	—	—	—	-28.4	-25.6	2.8	459 ~ 618
11		14 1336	12.4	-28.2	-19.7	8.5	180	-21.5	-21.2	0.3	490 ~ 565
12		17 1143	11.8	-28.3	-18.9	9.4	145	-19.1	-18.6	0.5	215 ~ 365
15		24 1326	15.2	-34.0	-27.6	7.4	130	-29.0	-24.6	4.4	150 ~ 355
16		27 1127	9.8	-33.5	-21.5	12.0	320	-26.9	-26.6	0.3	680 ~ 750
17		31 1355	12.0	-31.8	-23.0	8.8	280	—	—	—	—
18	Apr.	3 1024	15.1	-31.8	-17.5	14.3	250	-22.7	-22.4	0.3	980 ~ 1085
19		7 1344	13.9	-32.9	-20.6	12.3	170	-21.8	-20.8	1.0	275 ~ 505
20		10 1332	15.1	-27.7	-23.2	4.5	280	-25.9	-23.7	2.2	620 ~ 780
21		14 1026	12.5	-30.8	-20.5	10.3	370	—	—	—	—
22		17 1308	7.3	-23.5	-21.0	3.5	150	-27.8	-26.2	1.6	1015 ~ 1130
23		21 1312	10.1	-43.2	-27.1	16.1	300	-30.1	-29.6	0.5	1180 ~ 1285
24		24 1324	11.5	-46.1	-22.2	23.9	450	—	—	—	—
25		28 1034	5.8	-31.0	-28.2	2.8	65	-31.0	-27.7	3.3	400 ~ 550
26		28 1703	6.5	-44.7	-28.1	16.6	480	—	—	—	—

Table 2 (continued).

Run	Date	Local time	V_i (m/s)	T_i (°C)	T_a (°C)	ΔT (°C)	H (m)	T'_i (°C)	T'_a (°C)	$\Delta T'$ (°C)	H' (m)
27	1980 May 1	1443	10.2	-50.4	-31.0	19.0	300				
28	8	1321	13.5	-49.0	-26.8	22.2	250				
29	12	1318	9.1	-24.2	-17.6	6.6	170	-26.3	-25.2	1.1	1195~1425
30	19	1326	13.6	-47.1	-25.9	21.2	438	-26.9	-26.7	0.2	600~665
31	22	1312	13.3	-32.0	-30.9	1.1	110	-31.8	-26.3	5.5	160~815
34	29	1313	7.3	-35.5	-24.3	11.2	115	-25.8	-25.6	0.2	500~585
36	June 2	1357	8.9	-31.2	-24.6	6.6	330				
37	9	1322	7.1	-34.0	-26.2	7.8	250				
38	16	1323	10.0	-51.7	-30.7	21.0	290				
39	30	1319	11.3	-42.4	-24.7	17.7	335				
40	July 7	1311	10.8	-35.5	-22.0	13.5	310				
41	14	1313	17.0	-33.6	-14.4	19.2	465				
42	22	1308	12.8	-34.0	-19.5	14.5	350	-23.4	-23.0	0.4	910~1020
43	28	1318	13.8	-34.0	-23.0	11.0	280				
44	Aug. 4	1322	10.1	-43.0	-34.6	8.4	143	-34.7	-31.8	3.1	507~786
45	11	1303	13.6	-43.8	-30.4	13.4	384				
46	25	1309	10.0	-46.2	-30.4	15.8	170				
47	Sep. 3	1329	9.5	-32.6	-24.4	8.2	200	-25.0	-24.0	1.0	340~430
48	10	1343	14.2	-30.7	-20.9	9.8	250	-22.5	-21.3	1.2	480~600
49	17	1349	11.4	-33.1	-28.3	4.8	400	-29.2	-28.8	0.4	610~660
50	20	1320	12.2	-29.5	-19.3	10.2	470				
51	Oct. 1	1329	11.7	-45.8	-35.6	10.2	160	-37.5	-37.1	0.4	685~860
52	7	1425	8.8	-35.6	-24.8	10.8	200				
54	16	1700	5.0	-35.1	-31.6	3.5	80	-32.8	-32.5	0.3	430~530
55	31	1435	16.0	-26.3	—	—	—	-28.0	-22.6	5.4	150~350

Table 2 (continued).

Run	Date	Local time	V_s (m/s)	T_s (°C)	T_h (°C)	ΔT (°C)	H (m)	T'_s (°C)	T'_h (°C)	$\Delta T'$ (°C)	H' (m)
56	Nov. 4	1420	12.5	-23.8	-21.0	2.8	130	-21.8	-21.2	0.6	140~210
57	14	1600	7.8	-20.5	—	—	—	—	—	—	—
58	19	1345	12.0	-20.0	—	—	—	-22.0	-20.0	2.0	300~500
59	26	1135	11.2	-14.6	—	—	—	-17.0	-16.6	0.4	280~340
60	26	2200	11.2	-19.1	-17.2	1.9	470	—	—	—	—
61	Dec. 2	1415	10.0	-16.2	—	—	—	—	—	—	—
62	2	2300	6.8	-25.3	-19.2	6.1	200	—	—	—	—
64	9	1540	3.8	-19.0	—	—	—	-27.8	-25.9	1.9	1080~1180
65	9	2245	3.8	-20.5	-20.4	0.1	110	—	—	—	—
67	18	1354	11.0	-14.0	—	—	—	-18.9	-17.4	1.5	350~580
68	18	2300	6.2	-18.8	-16.1	2.7	180	—	—	—	—
69	26	1140	11.2	-17.8	—	—	—	-19.4	-16.8	2.6	205~525
70	1981 Jan. 5	1113	8.0	-16.8	—	—	—	-20.0	-18.5	1.5	80~255
71	5	2255	5.5	-23.2	-18.3	4.9	165	—	—	—	—
72	16	2258	1.8	-14.8	—	—	—	-36.3	-35.2	1.1	1625~1690

V_s : Wind speed at the surface. T_s : Temperature at the surface. T_h : Temperature at the top of surface inversion. ΔT : Intensity of surface inversion. H : Thickness of surface inversion. Symbols with prime show those of upper layer inversion.

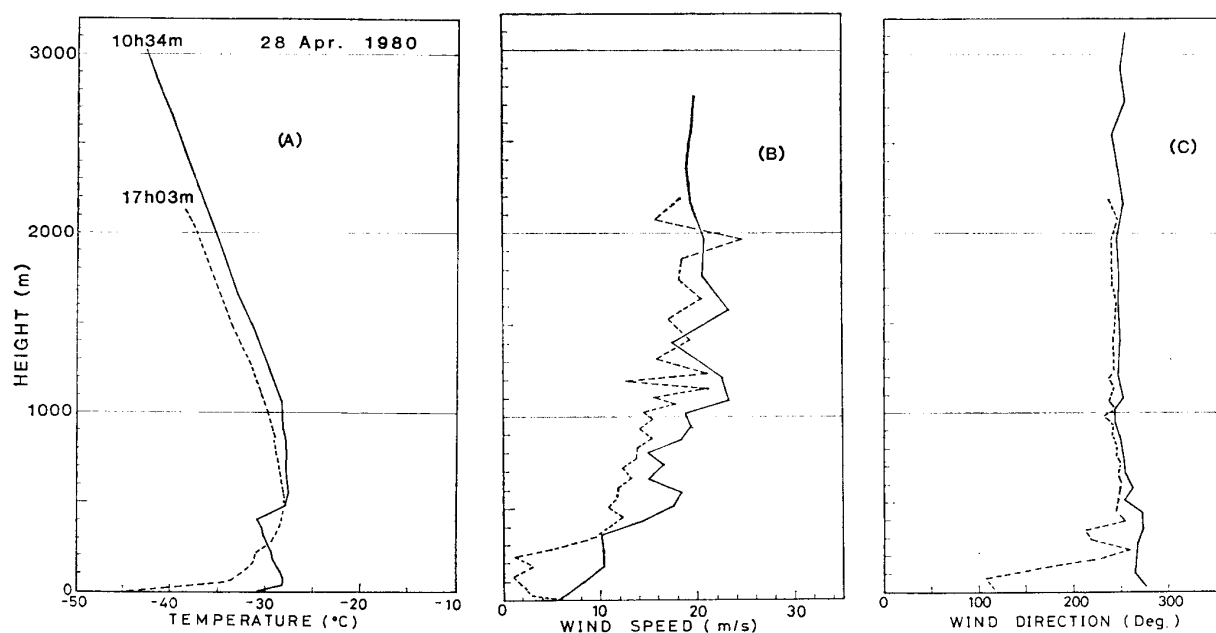


図 4 低層ゾンデで得られた気温(A)・風速(B)・風向(C)分布の例 (みずほ基地)
 Fig. 4. Examples of vertical profile of air temperature (A), wind speed (B) and wind direction (C) measured by low-level radio-sonde at Mizuho Station.

2.4. 音波レーダ観測

みずほ高原の斜面滑降風は、強い接地逆転と密接に関係している。この研究のために音波レーダ (AR-100) を初めて使った。音波レーダは、音が大気中の温度変動 (密度変動に対応) に敏感に反応するという性質を使って、反射源の様相の微細な変化を感知する遠隔測定方式

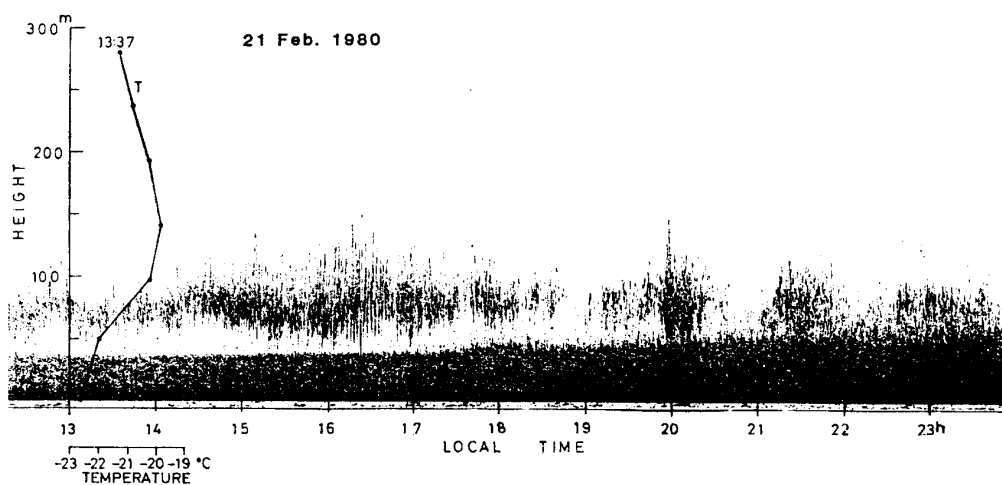


図 5 音波レーダ (ソーダ) によるエコーのファクシミリ記録の一例
 Fig. 5. An example of the facsimile record by the acoustic sounder.

の観測装置（林他，1977；HAYASHI *et al.*, 1978）である．この装置は，超音波パルス（800 および，1600 Hz，300 W，50，100 および 200 ms のパルス幅）を地上から上空に向けて発射し，対流圏下部（0～1000 m の間）の不連続面，その他の反射面からの反射エコーを受けて記録器上の記録紙に連続的かつ自動的に記録表示させて，接地逆転層の様相などを探知する．

観測を 1980 年 2 月から連続的に行い，次隊に引き継いだ．途中で記録ペン駆動モータ用のベルトが磨耗して切れたが，代用品を作りほぼ通年の観測を行った．当初地吹雪による障害が心配されたが，遮音板壁の内部にはほとんど雪が入らず保守も容易であった．

反射エコーのパターン例を図 5 に示した．図中には低層ゾンデの温度分布の結果も記入しており，接地逆転層との良い相関がみられた．エコーには日変化や季節変化がみられ，また微細な変化として内部重力波を想起させるパターンも得られた．データレコードにも時々受波信号を録音したので，内部重力波の上下運動の解析や，大気の運動の垂直成分の解析が可能である．

2.5. 超音波風速温度計による顕熱輸送量の測定

DAT-100 型超音波風速温度計（海上電機製）を 30 m タワーの 3 m と 30 m の高度に取り付け，顕熱流束の測定を適時行った．この DAT-100 型超音波風速温度計は，風速変動と同時に温度変動も測定でき，この 2 つの量をフラックスメータを介して顕熱流束として測定できる．

まず，3 m と 30 m の垂直方向の風速変動を比べてみると，30 m の風の乱流が小さくなる時に，図 3 に示したような 30 m と地上の間に著しい接地逆転が現れる．そして 30 m の垂直風速変動に波動的現象が現れ始め，上下の混合が生じると，接地逆転が解消されていく．この風速変動の一連の変化を図 6 に示した．また接地逆転の発生過程の顕熱流束の変化を図 7 に示した．一般に 30 m の高さの顕熱流束が小さくなると地上と 30 m 間に著しい接地逆転が形成されること，また夏期間には，日中には上向き，夜間には表面の放射冷却を緩和するように下向きの顕熱流束の規則的なパターンが現れることがわかった．これらの測定値は，プロファイル法による顕熱流束と比較したり，放射冷却に伴う流束の発散・収束の問題の解析に使用される．

2.6. 飛雪の観測

北海道大学低温科学研究所で試作した飛雪捕捉器を地上から 30 m 間に 8 台設置して，従来測定が少なかったブリザード時の飛雪の高度分布を測定した．測器の捕捉率は，POLEX-South 観測期間終了後，持ち帰り北大低温科学研究所の風洞と野外の検定から決める予定で

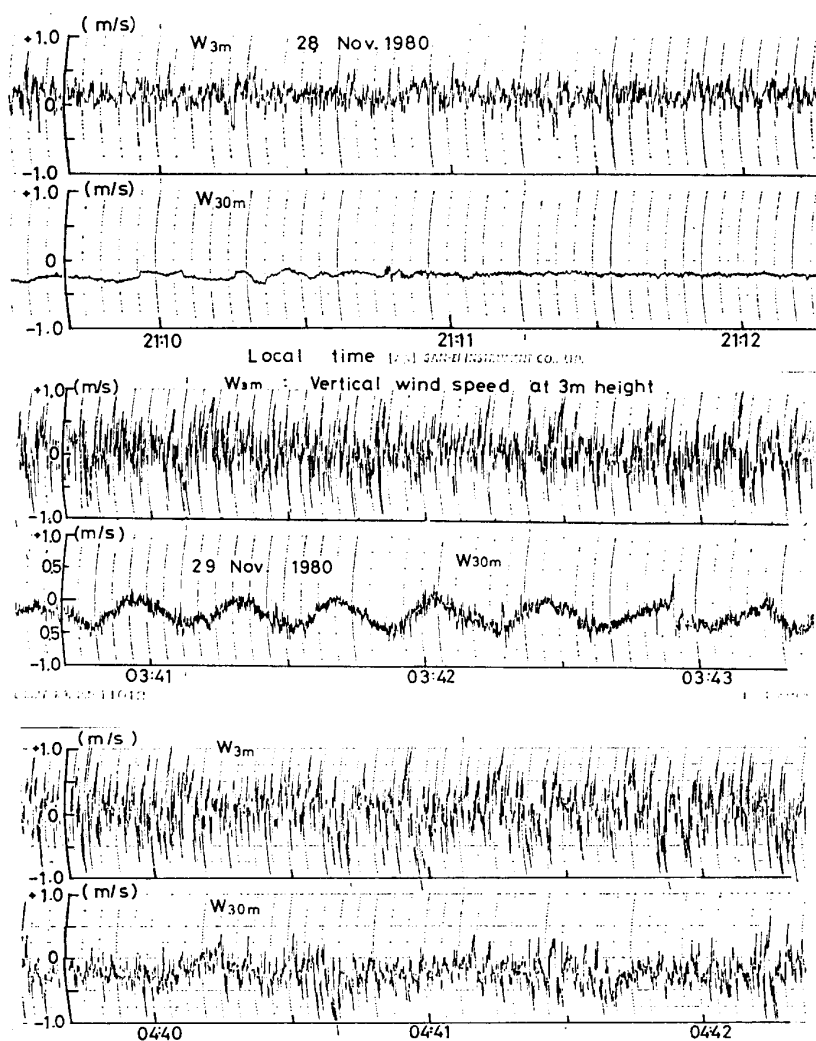


図 6 超音波風速温度計による垂直風速変動 (W_{3m} , W_{80m}) の変化
 Fig. 6. Variation of vertical wind speed (W_{3m} , W_{80m}) measured by sonic anemo-thermometer.

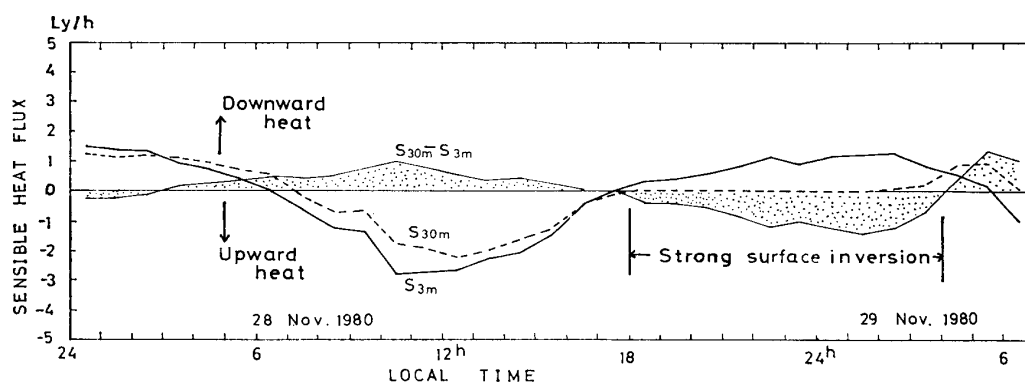


図 7 接地逆転発生時の顕熱流束 (S_{3m} , S_{80m}) の変化
 Fig. 7. Variation of sensible heat flux (S_{3m} , S_{80m}) during the occurrence of surface inversion.

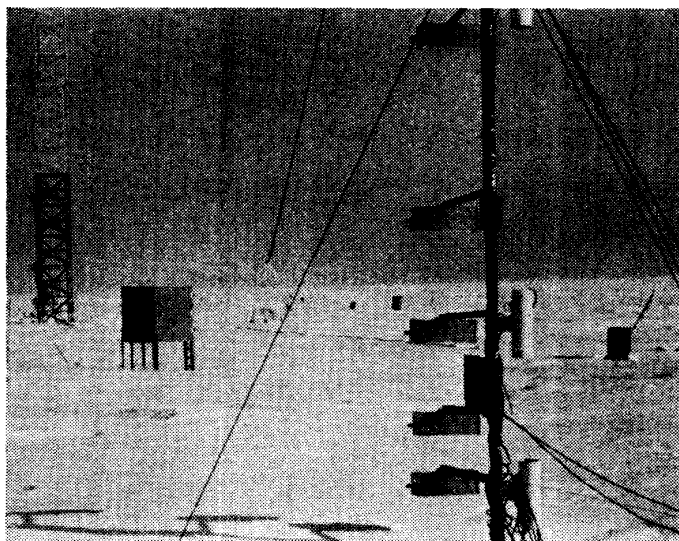


図 8 飛雪分布の測定

Fig. 8. Measurements of profiles of snow drift flux.

ある。また飛雪粒子のレプリカ，視程の観測も行ったのであわせて解析する予定である。測器の設置状況を図 8 に示す。

2.7. 超音波式積雪深計による雪の堆積変化の測定

超音波トーンバースト波を用いた VS-9910G 型積雪深計（松下通信製）は ± 2 cm の測定誤差で積雪深変化を測定できるはずであった。しかし 1980 年 2 月にみずほ基地の風上に設置（図 9）したが，4 月のブリザードによる雪の静電ノイズによって障害を受け測定不能と

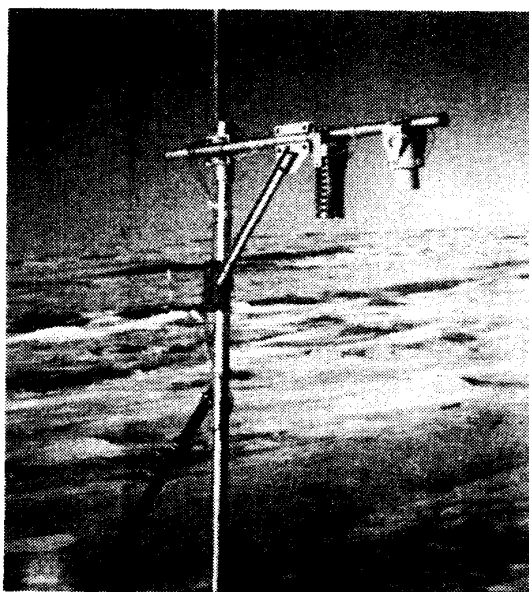


図 9 みずほ基地に設置した超音波式積雪深計

Fig. 9. Snow-depth meter installed at Mizuho Station.

なった。装置は第 21 次隊が日本に持ち帰り、静電対策のための改良を行っている。

2.8. 定常気象観測

みずほ基地の定常気象観測装置は、1970 年第 11 次隊によって設置され（大野他，1971）老朽化したので、今回新装置に更新した。旧装置の観測項目は風向，風速，気温，気圧からなっていたが，新装置にはさらに瞬間日射，積算日射および相対湿度の観測項目が加えられた。風向と風速はエーロペン型の風向風速計，気温は白金抵抗体温温度計，気圧は空ろう式気

表 3 みずほ基地気象表 (1980 年)
Table 3. Monthly climatic data at Mizuho Station (1980).

Month	Mean station pressure (m bar)	Temperature (°C)			Blowing snow (days)		Wind (m/s)		Mean cloudiness (tenths)
		Daily mean	Mean daily range	Extremes Maximum Minimum	Low	High	Mean	Peak gust Instantaneous 10 min	
Jan.	740.8	-17.6	8.7	-8.8 -28.6	16	6	9.5	— 15.5	4.9
Feb.	737.1	-24.5	10.3	-11.2 -38.8	19	7	9.0	31.0 23.3	5.4
Mar.	737.4	-31.2	9.0	-14.4 -42.1	29	7	11.7	23.6 18.1	4.6
Apr.	734.6	-35.7	6.0	-20.8 -52.8	30	14	12.2	28.1 20.1	4.6
May	731.6	-39.9	7.5	-19.6 -51.7	31	15	12.6	28.0 20.1	4.2
June	725.6	-40.7	7.4	-23.3 -52.8	30	14	10.6	26.0 19.1	3.4
July	732.0	-38.9	6.1	-26.5 -52.4	31	22	13.5	28.3 20.8	2.5
Aug.	728.3	-40.6	7.3	-24.9 -55.2	31	21	12.5	26.2 19.2	4.4
Sep.	728.3	-37.7	7.3	-23.6 -54.9	31	19	12.1	26.0 18.6	2.5
Oct.	723.3	-36.7	11.5	-24.0 -53.6	24	11	11.7	26.9 22.4	3.6
Nov.	737.1	-24.2	10.8	-11.6 -36.7	20	5	12.0	23.8 19.8	3.2
Dec.	738.9	-18.6	10.5	-8.0 -30.4	11	0	7.9	21.8 18.9	4.3
Annual	732.9	-32.2	8.5	-8.0 -55.2	303	141	11.3	31.0 23.3	4.0

圧計，日射はネオ日射計，相対湿度はバイサラ湿度計である．各センサーの設置高度は，風向風速計が 7.2 m，気温が 1.8 m，湿度が 2.0 m である（1981 年 1 月現在）．新装置による観測は 1980 年 2 月 1 日から始められ，しばらくは旧装置との比較のため併用して観測が行われた．なお日射計および湿度計は 1980 年 3 月のブリザード時の飛雪の静電ノイズによって基板が破壊された．したがってそれ以降は波長別日射計（MS-800）による観測値を日射のデータとし，湿度は別の露点湿度計で測定した．1980 年度のみずほ基地の気象表を表 3 に掲げた．なおより詳細な観測値は，JARE Data Report に発表した（OHATA *et al.*, 1981）．

3. 昭和基地における観測

3.1. 海氷上の熱収支観測

南極大陸の周囲の海氷の厚さ，広がり，季節変動は，極域の放射収支に深く関与し，大気循環や気候変動に影響を与える．しかし，南極の海氷域での熱収支の観測はほとんどなされていない．第 21 次隊では，東オングル島西の浦に観測点を設けて次の研究を行った．

(A) 海氷上における熱収支

- (1) 大陸氷床との相違
- (2) 海氷表面の時間変化とそれに伴う熱収支の時間変化
- (3) 場所による熱収支の相違

(B) パドルの形成機構

以上の研究のための測定項目と測器を表 4 に掲げた．

1980 年 3 月 18 日オングル海峡の海氷の流失に伴い，東オングル島北の浦に設置しておいた長期自記温度計 2 台を水没させてしまった．反面海氷流出のため海水の結氷，成長過程を詳細に観察することができた．西の浦は 4 月下旬より結氷を始め，6 月上旬に平均の厚さ 55 cm，7 月下旬に 85 cm，9 月下旬 105 cm，11 月上旬 115 cm と成長した．オングル海峡は，西の浦より遅く結氷し（6 月 1 日に全面結氷），氷厚も西の浦より約 15~20 cm 薄かった．冬期間は氷温，気温，風速の測定を主に行い，9 月上旬に熱収支ほか表 4 に示した全観測項目の測定を開始した．11 月下旬には西の浦にパドルができはじめ，12 月 10 日をもって熱収支観測は終了した．また 1981 年 1 月 4 日には，8 m/m カメラによる海氷の表面形態の観察も終了した．西の浦は海氷の上に 10~15 cm 程の積雪があったが，一部分この積雪を除去して 4×4 m の裸氷（海氷）帯を作り，雪表面との比較測定を行った．測定地は，電源の関係上岸の露岩より 30~50 m 離れた地点であったので，さらに沖へ 1 km 程の間に 4 点

表 4 昭和基地海氷上での熱収支観測項目と観測測器
 Table 4. Elements and instruments of heat budget study on sea ice at Syowa Station.

観 測 項 目	使 用 測 器
気温, 雪温, 氷温	白金抵抗温度計 (R 900-12)
乱流熱伝達量	超音波風速温度計 (DAT 100)
風向・風速	風向風速計 (GRS 4054)
水平面日射量	日射計 (MS 42)
雪氷および裸氷域反射量	反射計 (MS 42, ゴルチンスキー)
正味放射量	放射計 (CN-11A)
露点温度	露点計 (デュースセル)
氷温, 海水温	熱電対温度計
パドル生成の観察	8 m/m デジタルバルカメラ
氷厚	氷厚自記測定器

の気温, 表面温度を毎日一回移動観測し, 氷厚, アルベードの測定も適時行った. 海氷の表面状態の変化により熱収支に顕著な差が認められた. その最も著しいのは反射特性であり, アルベードは雪で 0.7~0.9, 海氷で 0.3~0.55, 海水で 0.1~0.2 であった. さらにパドルの生成についても発生から成長過程を詳細に観察した.

3.2. 無人気象観測

第 20 次隊によって Y100 地点に無人気象観測点が設置され (前, 1980), 第 21 次隊がこれを引き継いだ. さらに第 21 次隊では新規に無人気象観測装置 (明星電気製) 2 組を内陸の 2 カ所に設置する計画であった. しかし, オングル海峡の海氷流失に伴い, 北の浦の海氷上に設置して検定中の無人観測点用センサーを一式失った他, 風力発電機や収録装置の故障等で, 結局は, 1980 年 10 月 10 日に H180 地点に設置したのみであった. Y100 ならびに H180 地点の無人気象観測システムは, 定格 200W の風力発電機 (ウィンド・チャージャ 1222 H) で発電し, 制御器を介して, バッテリー電圧が低い時には充電させ, 十分に充電が行われている時には捨てヒーターで熱に変換して逃がすようになっている. 収録装置の電源はバッテリーから制御器の DC-DC インバーターを介して得る. 測定要素は気温 (水晶温度計) 6 点, 気圧 (水晶気圧計) 1 点, 日射計 (ネオ日射計) 1 点, 風速・風向 (エーロベン型) 1 点である. 観測経過日数と時刻が記録され, 収録は毎正時 11 分前に電源が入り, 毎正時のデータがカセット磁気テープに記録される.

この無人気象観測システムについては, 風力発電機や制御器等にいくつかの改良すべき点があり, なお検討と改良が続けられている.

3.3. 飛行機観測

1980 年 10 月から 12 月にかけて、昭和基地周辺、昭和基地-みずほ基地間、やまと山脈近辺で、ピラタスポータ (PC-6) 機により以下の観測を行った。

(A) 日射・地表面温度観測

海水、氷床上、やまと山脈周辺の裸氷域の状態の異なる雪氷面、露岩などのアルベードの測定およびそれらが周囲にどのような熱的影響を及ぼしているかを見積もるために、高度別上向き日射量と地表面温度を測定した。また同時に垂直写真撮影を行った。使用した測器は、波長別日射計 (MS-800, フィルターは 305 nm)、放射温度計、サーミスター温度計、モータドライブカメラである。

(B) 雪面形態観測

太陽高度が低い時 (約 10°) の氷床表面写真は、表面の凹凸の陰影が明確に現れるので、サスツルギやデューンの方位および発達度を調べることができる。方法としては、モータドライブカメラで白黒の垂直写真を撮った。

(C) マルチバンドカメラ観測

4 波長のフィルターの付いたマルチバンドカメラを用い、海水、パドル、氷床上の写真を撮った。

3.4. 音波レーダ観測

昭和基地周辺の海水上では、放射冷却が卓越する時に接地逆転層が形成されることが、これまでのゾンデ観測によって明らかである。昭和基地の環境棟前の露岩上に音波レーダ (海上電機製) を設置して適時観測を行った。今回は海水が流失し、海水の成長と共に接地逆転層がどのように変化していくか、また氷床上の接地逆転層との挙動の相違などに注目した。途中、記録ペン駆動モータ用のベルトが切断したり、スピーカのコイルが塩害によって破損したりして連続観測はできなかった。昭和基地海水上の接地逆転層は低く、顕著なエコーが得られなかった。この装置は 1981 年 4 月日本に持ち帰った。

3.5. 水中氷の観察

1980 年 3 月 18 日オングル海峡の海水が大部分流出して、オングル島周辺は開水面となった。その後の海水面の凍結までの過程で、フラジルアイスやアンカーアイスの生成を観察し、海水の冷却機構の中でこれらの水中氷が重要な役割を演じていることがわかった。

4. あ と が き

以上の観測の詳細な解析結果は、おって発表される予定である。多大な御支援を受けた根井繁艦長以下の「ふじ」の乗組員、山崎道夫第 20 次越冬隊長（気象庁海洋気象部）はじめ隊員の方々、木崎甲子郎第 21 次隊長（琉球大学教授）と夏隊員の方々ならびに楠宏極地研究所教授、若浜五郎北海道大学教授、中島暢太郎京都大学教授、田中正之東北大学教授、樋口敬二名古屋大学教授の皆様に感謝致します。また第 20 次隊前晋爾博士と気水圏の各氏にはみずほ基地での観測装置の設置に御協力をいただいた。さらに第 21 次隊の越冬隊員の全員がみずほ基地を訪れ、極寒の中で観測を支えてくれた。観測の成功はひとえに以上の方々の御協力によるもので深く感謝いたします。

文 献

- 林 正康・横山長之・小堀泰宏・斉藤 進 (1977): 音波レーダーによる大気境界層の観測. 公害, **12** (5), 286-293.
- HAYASHI, M., YOKOYAMA, O. and KOBORI, Y. (1978): Acoustic doppler measurements of vertical velocity in the atmosphere. J. Meteorol. Soc. Jpn., **56**(5), 516-522.
- 川口貞男 (1978): POLEX (極域観測計画). 天気, **25** (6), 445-447.
- KOBAYASHI, S. and YOKOYAMA, K. (1976): Observations of the stationary katabatic winds in Mizuho Plateau, East Antarctica. Nankyoku Shiryô (Antarct. Rec.), **56**, 1-13.
- KUSUNOKI, K. (1981a): Progress of Japanese glaciological research in the Antarctic. Seppyo (J. Jpn. Soc. Snow Ice), **43**(1), 55-61.
- KUSUNOKI, K. (1981b): Japanese Polar Experiment (POLEX) in the Antarctic in 1978-1982. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, **19**, 1-7.
- 前 晋爾 (1980): 南極域観測計画(POLEX-South)の現状. POLEX ニュース, **1**, 3-5.
- MAE, S., WADA, M. and YAMANOUCHI, T. (1981): The system of measurements of radiation and micro-meteorological elements at Mizuho Station, East Antarctica: Installation and performance. Nankyoku Shiryô (Antarct. Rec.), **71**, 44-57.
- OHATA, T., KOBAYASHI, S., ISHIKAWA, N. and KAWAGUCHI, S. (1981): Meteorological data at Mizuho Station, Antarctica in 1980. JARE Data Rep., **65** (Meteorol. 10), 93 p.
- 大野勇太・里見 穂・上橋 宏 (1971): 第 11 次南極地域観測隊気象部門報告. 南極資料, **42**, 16-34.
- WADA, M., YAMANOUCHI, T., MAE, S. and TSUKAMURA, K. (1981): Temperature fluctuations in the lower boundary layer at Mizuho Station, East Antarctica. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, **19**, 17-26.
- YAMANOUCHI, T., WADA, M., MAE, S., KAWAGUCHI, S. and TSUKAMURA, K. (1981): Measurements of radiation component at Mizuho Station, East Antarctica in 1979. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, **19**, 27-39.

(1981 年 12 月 10 日受理; 1982 年 1 月 5 日改訂稿受理)